



**Znanstveno-raziskovalno središče Koper
Garibaldijeva 1, 6000 Koper**

MOŽGANSKI MARKER SENZOMOTORIČNE UČINKOVITOSTI ZA OPTIMIZACIJO ŠPORTNIH DOSEŽKOV PRI IGRAH Z LOPARJI

Končno poročilo o rezultatih raziskave

Luka ŠLOSAR¹, Uroš MARUŠIČ¹, Boštjan ŠIMUNIČ¹, Rado PIŠOT¹

¹ Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Inštitut za kineziološke raziskave, Slovenija

Koper, 13.12.2021

UVOD

Športne igre z loparji beležijo v Sloveniji in svetu vse večji delež tekmovalno aktivnih športnikov (Kondrič, 2017). Med najbolj prepoznavnimi športnimi igrami štejemo tenis, namizni tenis, badminton in squash (Lees, 2003). Z omenjenimi športi se ukvarja vedno več otrok. Trenirati začnejo vse bolj zgodaj. Po osmem letu starosti začnejo že tekmovati ter se primerjati z vrstniki. Po petnajstem letu so igralci v vrhunskem programu (Filipčič, 2002). Zaradi vse večje konkurenčnosti je intenzivnost treningov že pri mladih igralcih zelo visoka (Reid, Crespo, in Santilli, 2009). Naglo naraščajoče število profesionalnih igralcev je spodbudilo raziskovanje dejavnikov vpliva na kakovost športne predstave in tem povezanim dosežkom (Reilly, Lees, & Hughes, 2013).

Številne študije poudarjajo pomen vidno-zaznavnih sposobnosti kot eno izmed ključnih sestavin športnega dosežka (Broadbent, Causer, Williams, & Ford, 2014). Predvsem pri športnih igrah z loparji je hitrost detekcije vidnega stimulusa in njenega procesiranja, ki s senzomotorično integracijo na različnih nivojih osrednjega živčevja nadzoruje izvedbo gibov izredno pomembna (Guo, Ding, Liu, Liu, & Zhang, 2016). Športne igre z loparji vsebujejo omejitve in ovire (deljeno igrišče, mreža in nasprotni igralec), ki jih mora igralec s pravilno načrtovano taktiko premagati, da doseže uspeh (Liu & Sun, 2018). Taktična strategija obsega zaznavanje različnih informacij kot so: postavitev in gibanje nasprotnika, hitrost leta žogice in višina njenega odskoka ter praznega prostora v polju (Lubbers, 2006). Hitrosti zaznavanja informacij sledi njeno procesiranje v omejenem času in izbira oz. izvedba odgovora.

Gibalne spretnosti so v obdobju srednjega in poznega otroštva posebej dovzetne za optimalen razvoj, ki ga z redno in vodeno vadbo lahko dosežemo. Gibalne sposobnosti so proti koncu obdobja dobro razvite. V tem razvojnem obdobju je reakcijski čas dolg. To vodi do težav pri koordinaciji oko-roka in oko-noga. Aktivnosti, ki povezujejo pogled z okončinami, kot je lahko udarec žogice s palico, potrebujejo veliko ponovitev za popolno izvedbo (Gallahue idr., 2012).

Ključnega pomena za učinkovito gibalno učenje je izoblikovanje natančne predstave giba, ki je odvisna od predhodnih izkušenj posameznika kot tudi od zmožnosti predstave izvedbe gibanja (Wulf, 2013). Transfer gibalnega znanja je lahko bilateralen: učenje enakega giba z drugo okončino, horizontalen: prenos znanja iz teorije v prakso, ali vertikalni: od lažje do težje oblike giba (Schmidt in Wrisberg, 2008).

Motorično učenje in kontrola gibanja sta vitalni sposobnosti človeških možganov, pri katerih sodeluje več kortikalnih področij (Luft & Buitrago Blanco, 2006). V literaturi poznamo več metod raziskovanja funkcij možganov pri usklajevanju gibov, motoričnega učenja in učinkovitosti izvedbe (Fullerton in Cattell, 1892). Za učinkovite so se izkazale metode spremljanja reakcijskega časa (Henry & Rogers, 1960), napak (Henry, 1974) in kinematike. Po pregledu sodobne znanstvene literature ugotavljamo, da

raziskave poročajo rezultate opravljene predvsem prek analiz zgornjih okončin in med opazovanjem v mirovanju. Raziskovalci so meritve motoričnega učenja in nadzora na nevrološki ravni začeli raziskovati šele v zadnjem desetletju (Houdayer et al., 2016). V naši raziskavi bomo celostno ovrednotili zgornje in spodnje okončine: od detekcije vidnega stimulusa do generiranja motoričnega programa in same eksekucije (vedenjskih podatkov) na populaciji otrok.

Glavni cilj raziskave je razumeti delovanje in nadzor centralnega živčnega sistema v času izvedbe različnih struktur kognitivno-gibalnih nalog. Primerjava znotraj in med skupinami nam bo pomagala vrednotiti učinkovitost delovanja živčno-mišičnega sistema.

METODE

Projekt je bil predlagan v širšem obsegu financiranja, a žal ni bil odobren v celoti. Tako smo izvedli meritve avtonomnega živčevja in ne elektroencefalografije.

Preiskovanci

V raziskavo bomo vključili petinštirideset otrok, ki redno trenira tenis, badminton ali squash (Tabela 1). Vsi preiskovanci so podpisali pisno soglasje pred pričetkom raziskave.

Tabela 1: Osnovne antropometrične značilnosti preiskovancev

	Min	Maks	Povprečje	SD
Starost / leta	10	11	10,2	0,4
Telesna masa / kg	32,4	54,8	40,6	9,2
Telesna višina / cm	142	161,5	147,8	8,1

Raziskovalni načrt

Preiskovanci bodo naključno razporejeni v tri skupine: (GP) gibalna predstava, (FI) dejanska fizična izvedba in (CG) kontrolna skupina. Meritve se bodo izvajale v Mediteranskem centru zdravja (MCZ) v laboratoriju za kineziološke raziskave, Arena Bonifika Koper. Po seznanitvi in poskusnem testiranju bo vsak merjenec prišel na meritve 1x.

Protokol raziskave

Ogrevanje

Merjenec bo pred meritvijo opravil standardizirano ogrevanje, ki bo vsebovalo: - 2 minuti lahkotnega tega; kroženje z glavo (10x v obe smeri), kroženje z rokami naprej in nazaj (2x10 ponovitev), kroženje z zapestji (2x12 ponovitev navznoter in navzven), kroženje v komolcih (2x12 ponovitev navznoter in navzven), zamahi z rokami z zasuki trupa (8 x z boljšo in slabšo roko), zamahi z nogo naprej in nazaj (2x10 z levo in desno nogo), sonožni poskoki z visokim dvigovanjem kolen (10x).

Glavni del

Ogrevanju sledijo meritve osnovne telesne sestave. Za tem, preiskovanci na podlagi skupine pripadnosti pričnejo z meritvami.

Preiskovanci vseh skupin bodo opravili meritve izhodiščnega stanja (**Pre-assessment**), in sicer:

- Fitts' law test spodnjih okončin
 - poskoki 2ID in 2.3ID
 - premik palca 2ID in 3ID

- Fitts' law test zgornjih okončin
 - 2ID in 4ID

Meritvam izhodiščnega stanja sledi **10-minutna intervencija** izvajanja različnih struktur Fitts' law testa (zgornjih okončin) s spreminjanjem težavnosti izvedbe. Glede na pripadnost skupini, bodo preiskovanci izvajali intervencijo bodisi, z (GP) gibalno predstavo, (FI) dejasnko fizično izvedbo ali (CG) obliko vadbe/miselne naloge, ki ni povezana z Fitts' law nalogami (odštevanje petic od 100 do 0).

Po-intervencijske meritve (**Post-assessment**) bodo vsebovale teste:

- Fitts' law test spodnjih okončin
 - poskoki 2ID in 2.3ID
 - premik palca 2ID in 3ID

- Fitts' law test zgornjih okončin
 - 2ID in 4ID

Merilna oprema

S pomočjo naprave NeXus-10 MKII (Mindmedia, Nizozemska) bomo merili frekvenco dihanja, temperaturo in galvansko prevodnost kože. Povprečja in variabilnost omenjenih parametrov bomo beležili v času mirovanja, med izvedbo izhodiščnih ter po-intervencijskih meritev in v času ob

ponovnem mirovanju/relaksacije. Senzor frekvence dihanja: elastični trak se namesti okrog trupa pod prsnim košem; senzor galvanske prevodnosti kože: dva sensorja se namestita na dlančno površino srednje falange kazalca in prstanca leve roke; senzor temperature kože: senzor namestimo na dlančno površino srednje falange sredinca leve roke z uporabo lepilnih nalepk. Naprava NeXus-10 MKII deluje brezžično prek povezave Bluetooth ter tako pošilja zajete podatke na prenosnik.

S pomočjo sensorja srčnega utripa Polar H10 (pas, ki ga namestimo okrog prsi) bomo merili povprečje in variabilnost srčnega utripa v času mirovanja, med izvedbo izhodiščnih ter po-intervencijskih meritev in v času ob ponovnem mirovanju/relaksacije.

Statistika

Vsi podatki so navedeni s povprečnimi vrednostmi (M) in vrednostmi standardnega odklona (SD). Vse statistične odločitve so bile izvedene z uporabo 2-faktorske analize variance (ANOVA) za ponovljive meritve. Prvi faktor je bil čas (PRE in POST) in drugi skupine (neodvisni vzorci: (GP) gibalna predstava, (FI) dejanska fizična izvedba in (CG) kontrolna skupina). Če je bila interakcija Čas * Skupina pomembna pri $p < 0,05$, je bil uporabljen post hoc test za odkrivanje razlik v vsaki časovni točki.

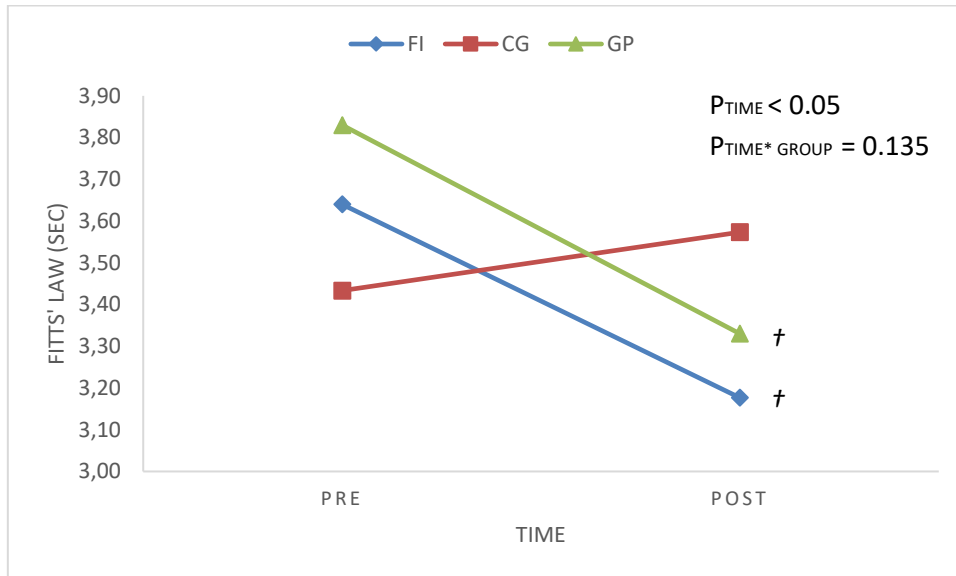
REZULTATI

V preliminarnih rezultatih bomo prikazali vedenjske mere (čas izvedbe in napake) slednje opravljenih Fitts' Law testiranj:

Spodnjih okončin - poskoki 2ID

Čas izvedbe testa se je za skupini FI in GP po intervenciji izboljšal (od PRE do POST) (Slika 1), vendar ni bilo interakcije, ki bi kazala razlike med skupinami v času.

Slika 1: Čas izvedbe Fitts' Law testa spodnjih okončin z indeksom težavnosti (ID) 2 pred (PRE) in po (POST) intervenciji. Podatkovne linije za kontrolno (CG), in obe eksperimentalni skupini (FI in GP).

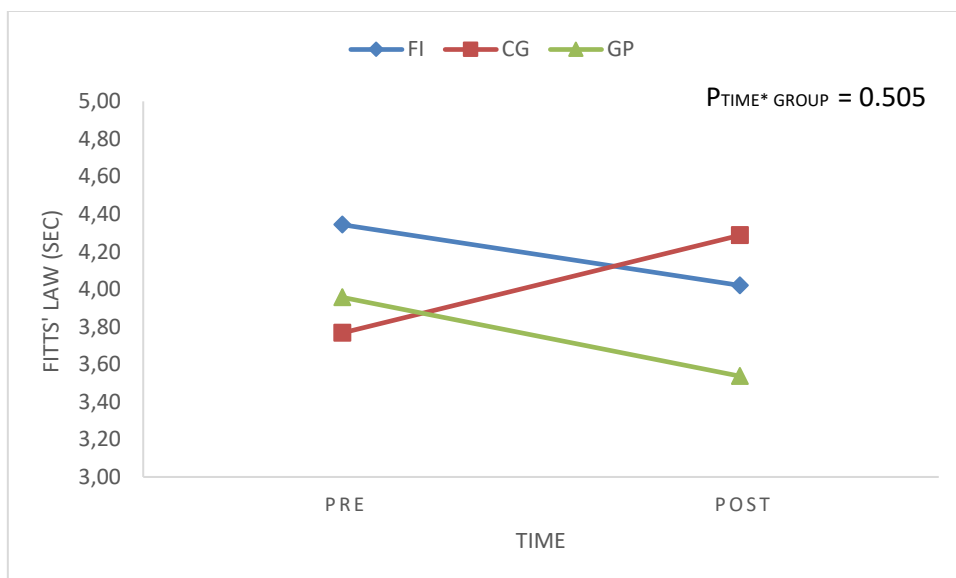


*...različno od vrednosti PRE pri $p < 0.05$

Spodnjih okončin 2.3ID

Interakcije in izboljšanja v testu spodnjih okončin z indeksom težavnosti 2.3 ne beležimo (Slika 2).

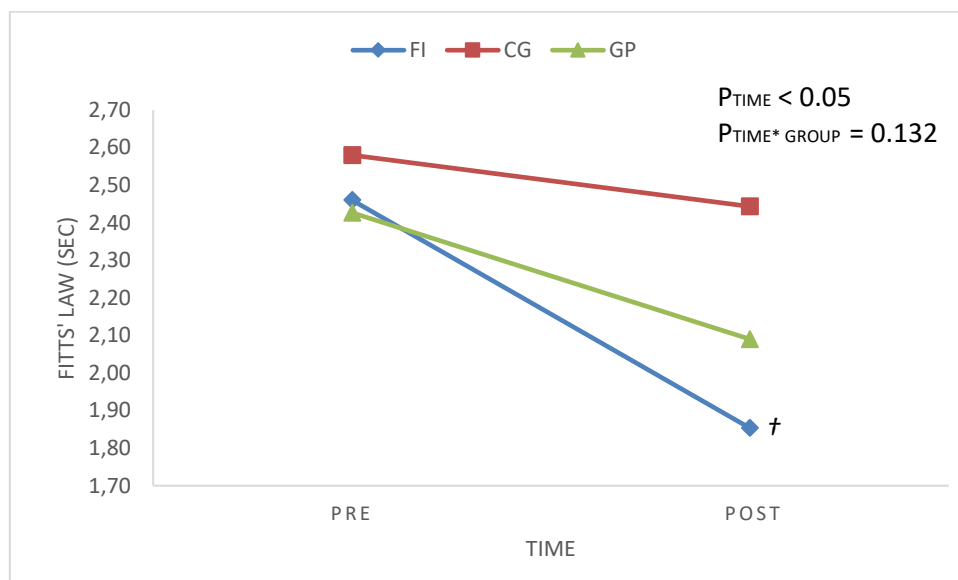
Slika 2: Čas izvedbe Fitts' Law testa spodnjih okončin z indeksom težavnosti (ID) 2.3 pred (PRE) in po (POST) intervenciji. Podatkovne linije za kontrolno (CG), in obe eksperimentalni skupini (FI in GP).



Spodnjih okončin – premik palca 2ID

Čas izvedbe testa se je za skupino FI po intervenciji izboljšal (od PRE do POST) (Slika 3), vendar ni bilo interakcije, ki bi kazala razlike med skupinami v času.

Slika 3: Čas izvedbe Fitts' Law testa spodnjih okončin – premik palca z indeksom težavnosti (ID) 2 pred (PRE) in po (POST) intervenciji. Podatkovne linije za kontrolno (CG), in obe eksperimentalni skupini (FI in GP).

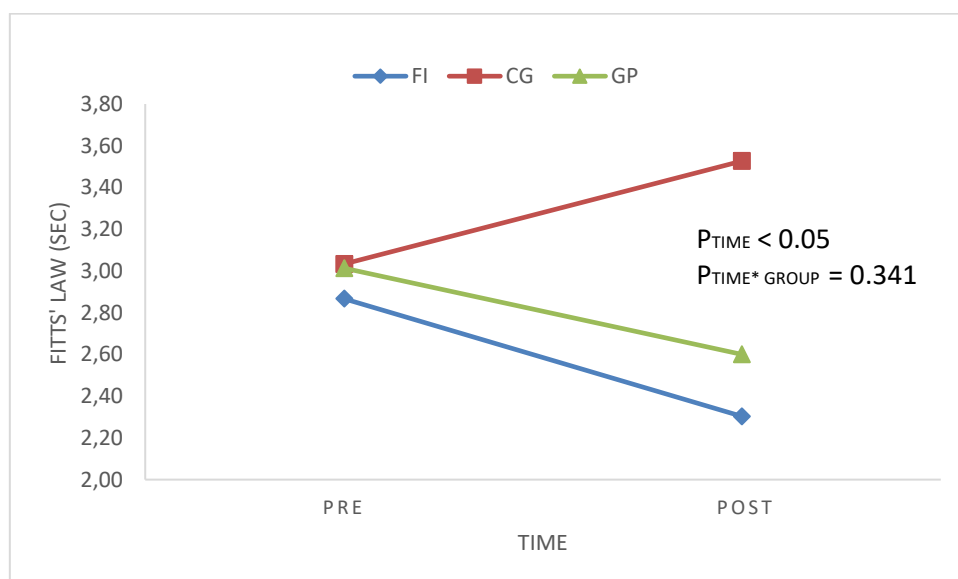


t...različno od vrednosti PRE pri $p < 0.05$

Spodnjih okončin – premik palca 3ID

Čas izvedbe testa se je za skupino CG po intervenciji poslabšal (od PRE do POST) (Slika 4), vendar ne beležimo interakcije, ki bi kazala razlike med skupinami v času.

Slika 4: Čas izvedbe Fitts' Law testa spodnjih okončin – premik palca z indeksom težavnosti (ID) 3 pred (PRE) in po (POST) intervenciji. Podatkovne linije za kontrolno (CG), in obe eksperimentalni skupini (FI in GP).

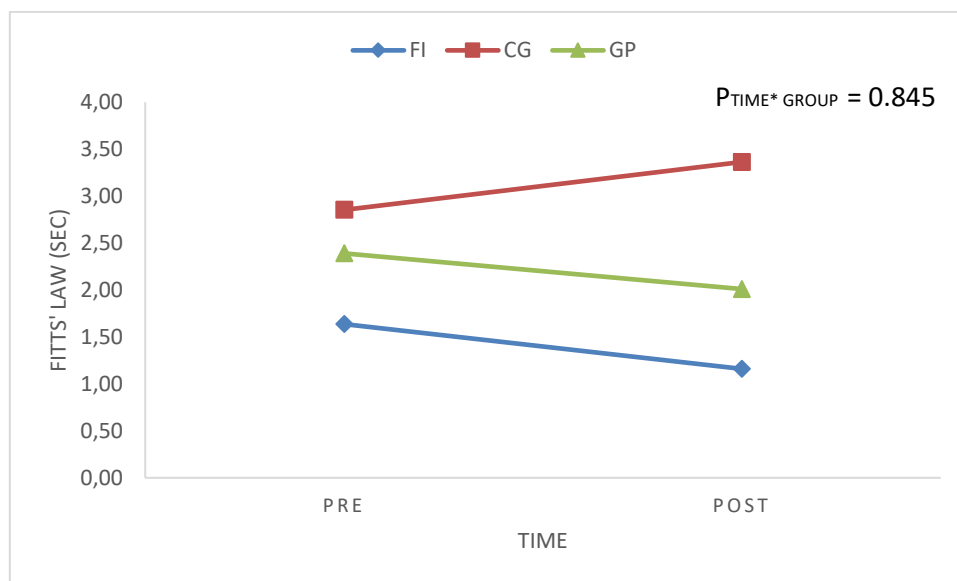


t...različno od vrednosti PRE pri $p < 0.05$

Zgornjih okončin 2ID

Interakcije in razlik pred (PRE) in po intervenciji (POST) intervenciji ne beležimo (Slika 5).

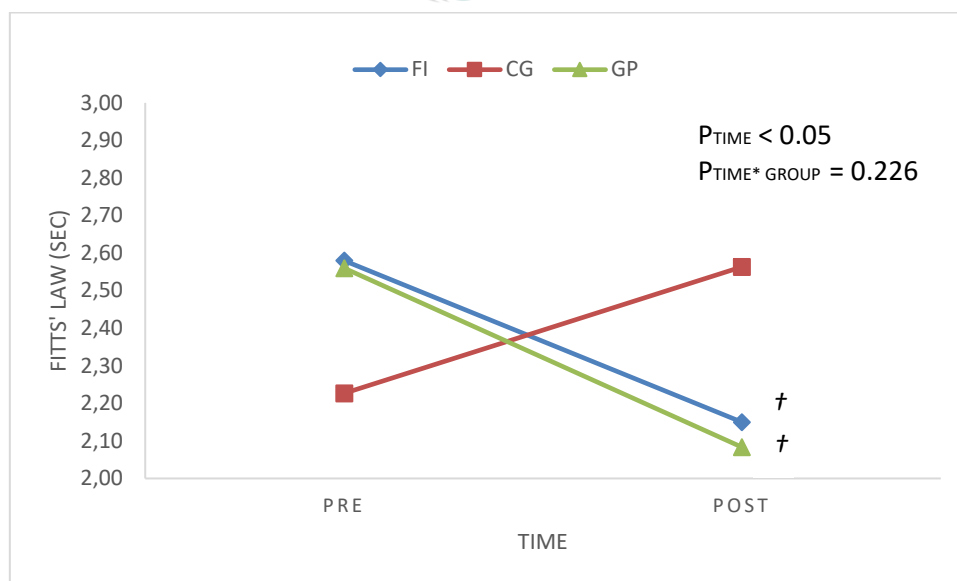
Slika 5: Čas izvedbe Fitts' Law testa zgornjih okončin z indeksom težavnosti (ID) 2 pred (PRE) in po (POST) intervenciji. Podatkovne linije za kontrolno (CG), in obe eksperimentalni skupini (FI in GP).



Zgornjih okončin 4 ID

Čas izvedbe testa se je za skupini FI in GP po intervenciji izboljšal (od PRE do POST) (Slika 6), vendar ni bilo interakcije, ki bi kazala razlike med skupinami v času.

Slika 6: Čas izvedbe Fitts' Law testa zgornjih okončin z indeksom težavnosti (ID) 4 pred (PRE) in po (POST) intervenciji. Podatkovne linije za kontrolno (CG), in obe eksperimentalni skupini (FI in GP).



*...različno od vrednosti PRE pri $p < 0.05$

Napake

Število napak se pri izvedbah spodnjih (Tabela 2) in zgornjih okončin (Tabela 3) v času in med skupinami pomembno ne razlikuje.

Tabela 2: Število napak pri opravljanju Fitts' Law vzorcev spodnjih okončin

Skupine	Poskoki 2ID		Poskoki 2.3 ID		Premik palca 2ID		Premik palca 3ID	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Fizična izvedba	20	18	24	25	16	13	18	20
Gibalna predstava	22	19	23	22	14	12	16	15
Kontrolna skupina	24	21	25	22	12	12	14	15

Tabela 3: Število napak pri opravljanju Fitts' Law vzorcev zgornjih okončin

Skupine	2ID		4 ID	
	PRE	POST	PRE	POST
Fizična izvedba	10	7	15	14
Gibalna predstava	8	9	16	16
Kontrolna skupina	9	9	15	16

DISKUSIJA

Čeprav ne ugotavljamo interakcijskega učinka Čas * Skupina, rezultati kažejo na trend izboljšanja določenih vzorcev Fitts' Law testa po intervenciji dejanske fizične izvedbe in gibalne predstave.

Analizo učinkovitosti izvajanja nalog smo določili na podlagi Fittsovega zakona, ki opisuje razmerje med hitrostjo in natančnostjo človeka pri izvajanju nalog, kjer je potrebno doseči določeno tarčo. V sklopu tega zakona smo spreminjali zahtevnost izvedbe s preminjanjem tako imenovanega '*index of difficulty*' (ID). Nižji čas izvedene naloge predstavlja boljše učinkovitost izvajanja naloge in v našem primeru učenja.

Po intervenciji gibalne predstave se je čas izvedbe izboljšal pri Fitts' Law vzorcu zgornjih okončin 4ID in spodnjih okončin 2ID. Rezultati potrjujejo izsledke avtorjev, ki ugotavljajo značilne učinke akutnega treninga gibalne predstave na učinkovitost gibalne izvedbe (Höller et al., 2013). Gibalna predstava in dejanska fizična izvedba gibalne naloge delita podobne nevronske vzorce (Murphy in Jowdy, 1992), kot označuje tudi izboljšanje skupine, ki je opravljala intervencijo dejanske izvedbe, pri istih vzorcih Fitts' Law testa.

Podobno kot v raziskavi Crognier idr. (2013) ugotavljamo efektivnost treninga gibalne predstave in dokazujemo zmožnost vpliva na gibalno izvedbo tako spodnjih kot zgornjih okončin.

Rezultate raziskave je potrebno dodatno podpreti z rezultati meritev avtonomnega živčnega sistema, ki še niso bila v celoti obdelana.

ZAKLUČEK

Izvedba določenih vzorcev Fitts' Law testa se je izboljšala po akutni intervenciji gibalne predstave in dejanske fizične izvedbe. Kljub ne ugotovljenem interakcijskem efektu Čas * Skupina, lahko rezultati

naše študije služijo kot dokaz pozitivnega vpliva treninga gibalne predstave na učinkovitost izvedbe gibalnih nalog z uporabo zgornjih in spodnjih okončin.

LITERATURA

1. Broadbent, D., Causer, J., Williams, A., & Ford, P. (2014). Perceptual-cognitive skill training and its transfer to expert performance in the field: Future research directions. *European journal of sport science*, 15, 1-10. doi:10.1080/17461391.2014.957727
2. Crognier, L., Skoura, X., Vinter, A., & Papaxanthis, C. (2013). Mental representation of arm motion dynamics in children and adolescents. *PloS one*, 8(8), e73042. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073042>
3. Filipčič, A. (2002). *Tenis: treniranje*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
4. Fullerton, G. S., & Cattell, J. M. (1892). *On the perception of small differences, with special reference to the extent, force, and time of movement*. University of Pennsylvania Press. <https://doi.org/10.1037/14119-000>
5. Gallahue, D. L., Ozmun, J. C. in Goodway, J. D. (2012). *Understanding motor development: infant, children, adolescent, adults* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Higher Education.
6. Guo, F., Ding, Y., Liu, W., Liu, C., & Zhang, X. (2016). Can eye-tracking data be measured to assess product design?: Visual attention mechanism should be considered. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 53, 229-235. doi:10.1016/j.ergon.2015.12.001
7. Henry, F. M. (1974). Variable and constant performance errors within a group of individuals. *Journal of motor behavior*, 6(3). 149-154
8. Henry, F. M., & Rogers, D. E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. *Research quarterly for exercise and sport*, 31(3), 448-458.
9. Höller, Y., Bergmann, J., Kronbichler, M., Crone, J. S., Schmid, E. V., Thomschewski, A., Butz, K., Schütze, V., Höller, P., & Trinka, E. (2013). Real movement vs. motor imagery in healthy subjects. *International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 87(1), 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.10.015>
10. Houdayer E, Cursi M, Nuara A, Zanini S, Gatti R, Comi G, et al. (2016) Cortical Motor Circuits after Piano Training in Adulthood: Neurophysiologic Evidence. *PLoS ONE* 11(6): e0157526. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157526>

11. Kondrič M. (2017). The fastest ball games from the viewpoint of science. *Journal of human kinetics*, 55, 5. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0001>
12. Lees A. (2003). Science and the major racket sports: a review. *Journal of sports sciences*, 21(9), 707–732. <https://doi.org/10.1080/0264041031000140275>
13. Liu, Y., & Sun, X. (2018). *EEG analysis of Attention Resource Allocation of Tennis Players*.
14. Luft, A., & Buitrago Blanco, M. (2006). Stages of Motor Skill Learning. *Molecular neurobiology*, 32, 205-216. doi:10.1385/MN:32:3:205
15. Lubbers, P. (2006). Psychological profiles of champions, *ITF CSSR* , 39, 7-8
16. Murphy, S. M., & Jowdy, D. P. (1992). Imagery and mental practice. In T. S. Horn (Ed.), *Advances in sport psychology* (pp. 221-225). Champaign, IL: Human Kinetics.
17. Reilly, T., Lees, A., & Hughes, M. (2013). *Science and Racket Sports I*: Taylor & Francis Group.
18. Reid, M., Crespo, M., in Santilli, L. (2009). The importance of the ITF junior girls' circuit in the development of women professional tennis players. *Journal of Sports Sciences*, 27(13), 1443–1448.
19. Schmidt, R. A. in Wrisberg, C. A. (2008). *Motor learning and performance*, (4th ed.). Champaign: Human Kinetics
20. Wulf, G. (2013). Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *International Reviews of Sport and Exercise Psychology*, 6(1), 77–104

Doc. dr. Luka Šlosar

Vodja projekta

prof. dr. Rado Pišot

Direktor